

BAB III

METODE PERANCANGAN

3.1 Kondisi Perancangan

1. Tipe jembatan : Jembatan rangka baja canai dingin pejalan kaki, lantai kendaraan atas
2. Panjang jembatan total : 24 meter
3. Lebar jembatan : 3 meter
4. Jumlah arah : Dua arah pejalan kaki
Satu arah kendaraan ringan
5. Tinggi rangka jembatan : 2 meter
6. Profil baja *hot rolled* dan baja *cold formed*

Spesifikasi	<i>Hot Rolled Steel</i>	<i>Cold Formed Steel</i>
Mutu Baja	BJ 37	G 550
Kuat Leleh, f_y (MPa)	240	550
Kuat Tarik, f_u (MPa)	370	550
Berat Jenis (kg/m ³)	7850	
<i>Rasio Poisson, ν</i>	0,3	
Modulus Elastisitas, E (MPa)	200000	
Modulus Geser, G	80000	

7. Sambungan

Spesifikasi	<i>Mur Baut</i>	<i>Pelat</i>
Mutu	Mutu 4.6 BJ 41	BJ 37
Kuat Leleh, f_y (MPa)	250	410
Kuat Tarik, f_u (MPa)	240	370

8. Profil elemen rangka jembatan (*cold formed steel*)
 - a. Batang tepi atas : *Lipped Channel Back to Back*
 - b. Batang tepi bawah : *Lipped Channel Back to Back*
 - c. Batang diagonal : *Lipped Channel*
 - d. Batang tegak : *Lipped Channel*
 - e. Batang tegak tengah: *Lipped Channel Back to Back*
 - f. Batang melintang : *Lipped Channel Back to Back*
 - g. Portal Ujung : *Lipped Channel Back to Back*

- h. *Bracing* : CHS (*Circle Hollow Section*)
- i. Lantai jembatan : Decking kayu merbau grade A

9. Profil elemen *inclined leg (hot rolled steel)*

- a. Batang Memanjang : *Pipe profil*
- b. Batang Melintang : *Pipe profil*

10. Tumpuan Jembatan : *Elastomer Rubber Bearing*

3.2 Peraturan yang Digunakan

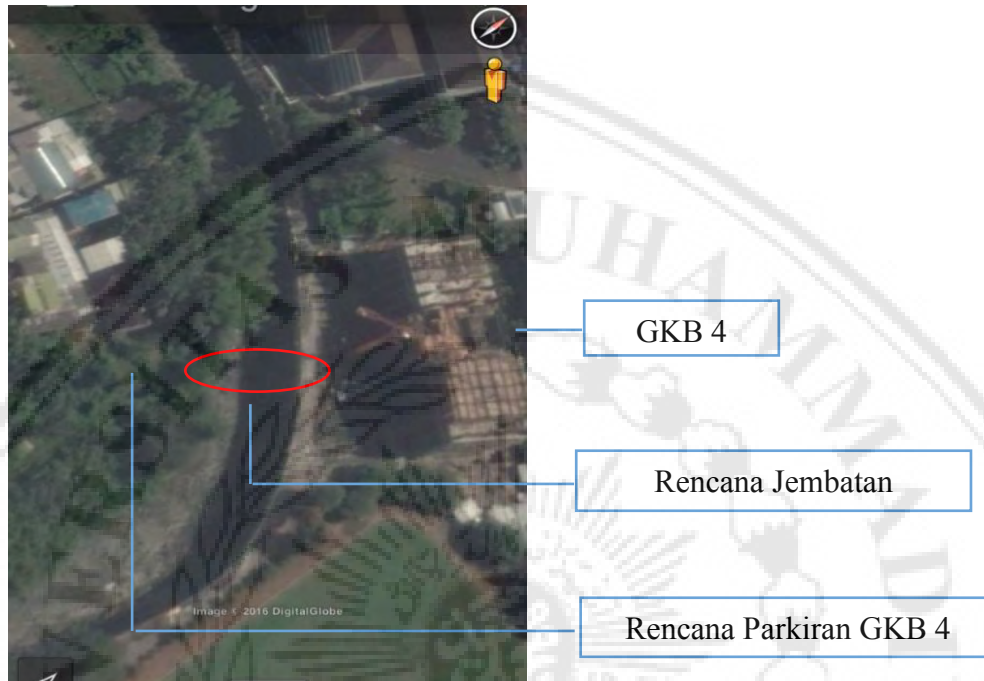
Perancangan menggunakan kombinasi dari peraturan dan pedoman sebagai berikut :

- a. AS/NZS 4600/2015 Australian Cold Formed Steel Structure
- b. SNI 1729 : 2013 mengenai Struktur Baja
- c. SNI 7971 : 2013 mengenai Struktur Baja Canai Dingin
- d. SNI T – 02 – 2016 mengenai Pembebanan Jembatan
- e. *Footbridges Manual for Construction at Community and District Level 2004*

Penggunaan kombinasi peraturan tersebut karena tidak adanya SNI yang spesifik mengatur tentang penggunaan baja canai dingin sebagai material penyusun utama dalam perancangan jembatan pejalan kaki.

3.3 Lokasi Perancangan

Lokasi perencanaan jembatan rangka baja canai dingin adalah di depan GKB IV Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas No. 246 Kota Malang, Jawa Timur.

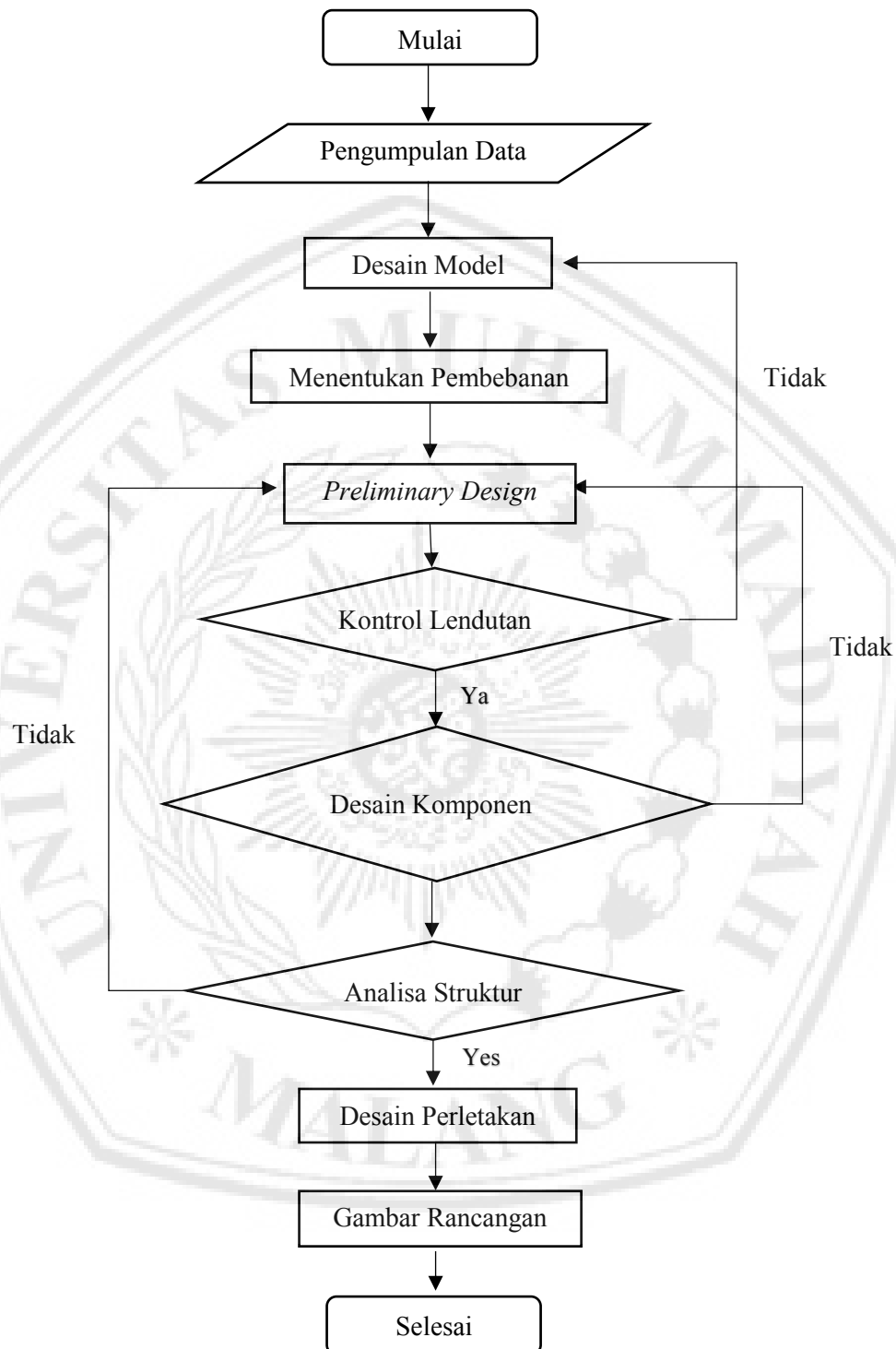


Gambar 3.1, Lokasi perencanaan jembatan

Terlihat lokasi perencanaan dibangunnya jembatan menghubungkan antara Gedung Kuliah Bersama IV Universitas Muhammadiyah Malang dengan parkir kendaraan bermotor. Pembangunan jembatan dimaksudkan agar mahasiswa yang menuju GKB IV dapat melintasi jembatan yang dimaksud langsung dari tempat parkir kendaraan tanpa harus berputar arah.

3.4 Bagan Alir Perancangan

Proses perancangan jembatan disajikan dalam bagan alir berikut.



Gambar 3.2, Bagan alir perencanaan jembatan rangka baja canai dingin pejalan kaki

A. **Pengumpulan Data**

Merupakan proses pengumpulan informasi mulai dari pengumpulan dasar-dasar teori perancangan, kriteria perancangan, spesifikasi material, data jembatan serta peraturan yang akan dijadikan panduan dalam proses pembuatan rancangan jembatan.

B. **Desain Model**

Merupakan proses menciptakan desain awal modelisasi struktur jembatan berdasarkan sistem struktur yang telah direncanakan.

C. **Menentukan Pembebanan**

Pada proses ini akan memperkirakan beban apa saja yang mungkin akan mempengaruhi struktur jembatan untuk selanjutnya beban dihitung berdasarkan cara perhitungan yang tercantum dalam dasar teori.

D. **Preliminary Design**

Perencanaan awal bentuk rangka beserta dimensi profil yang akan digunakan.

E. **Kontrol Lendutan**

Mengecek perubahan bentuk jembatan arah vertikal disebabkan oleh seluruh beban yang bekerja pada struktur jembatan.

F. **Desain Komponen**

Perencanaan komponen jembatan sehingga didapatkan gaya batang dan tegangan penampang.

G. **Analisa Struktur**

Menguji apakah dimensi profil yang digunakan sudah sesuai dan kuat dalam menahan beban layanan yang telah ditentukan sebelumnya.

H. **Desain Perletakan**

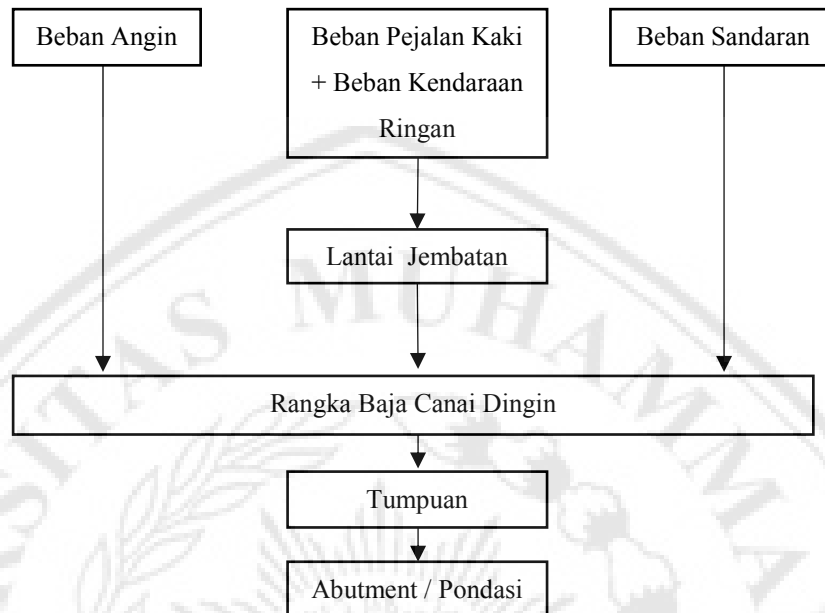
Perencanaan beserta perhitungan perletakan atau tumpuan jembatan yang akan digunakan.

I. **Gambar Rancangan**

Merupakan gambar detail perancangan jembatan, berupa gambar tampak jembatan, gambar detail sambungan, dan detail metode pelaksanaan.

3.5 Bagan Alir Penyaluran Beban (*Load Path*)

Pendistribusian beban diperlukan dalam rangka memodelkan beban struktur jembatan. Bagan alir pendistribusian beban ditunjukkan dalam gambar berikut,



Gambar 3.3, Bagan alir penyaluran beban

3.6 Desain Jembatan

Perencanaan jembatan pejalan kaki menggunakan tipe rangka jembatan *K – Truss* dengan lantai kendaraan yang berada di atas. Penggunaan rangka *K – Truss* dimaksudkan agar jembatan kokoh karena struktur ini dapat membagi gaya tekan sehingga kemampuan rangka batang dalam menahan tekuk lebih besar. Hal ini berhubungan juga karena material baja canai dingin yang digunakan rawan terhadap tekuk. Selain itu, perencanaan menggunakan rangka yang berada di bawah dengan lantai kendaraan di atas dimaksudkan agar rangka dapat diberi pengaku ruang atau pengaku antar gelagar induk, hal ini juga mengurangi resiko material canai dingin mengalami tekuk.

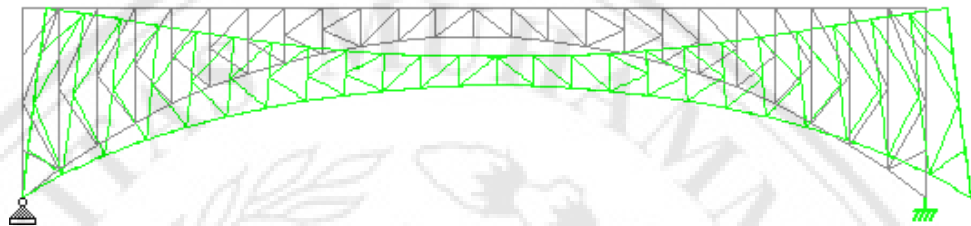
Pada struktur jembatan juga direncanakan menggunakan *inclined leg* dari baja *hot rolled*, hal ini dimaksudkan untuk membagi bentang jembatan dari semula 24 meter menjadi 8 – 8 – 8 meter dengan perletakkan sendi – sendi – sendi pada rangka jembatan dimana *inclined leg* akan langsung bertumpu pada abutment jembatan dengan pemisalan tumpuan sendi. Pemilihan desain menggunakan

struktur rangka + *inclined leg* sendiri didapatkan dengan membandingkan hasil kontrol lendutan antara model jembatan satu dengan lainnya.

3.6.1 Perbandingan Desain Jembatan

Berikut disajikan beberapa perbandingan lendutan menggunakan beberapa desain yang berbeda namun menggunakan pembebanan yang sama dengan profil baja canai dingin yang sama antara satu dengan lainnya,

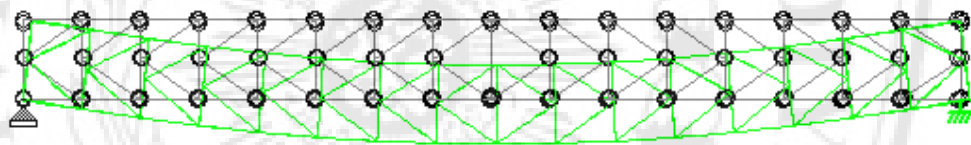
A. Model 1



Gambar 3.4, Jembatan dengan sistem busur rangka

Lendutan maksimal, $\delta = 254,6 \text{ mm}$

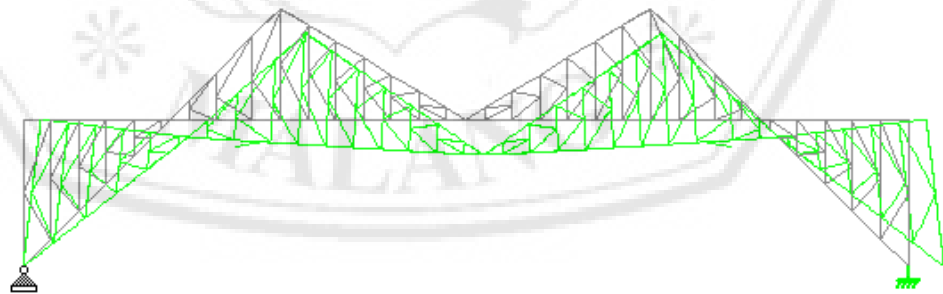
B. Model 2



Gambar 3.5, Jembatan dengan sistem rangka

Lendutan maksimal, $\delta = 56,4 \text{ mm}$

C. Model 3



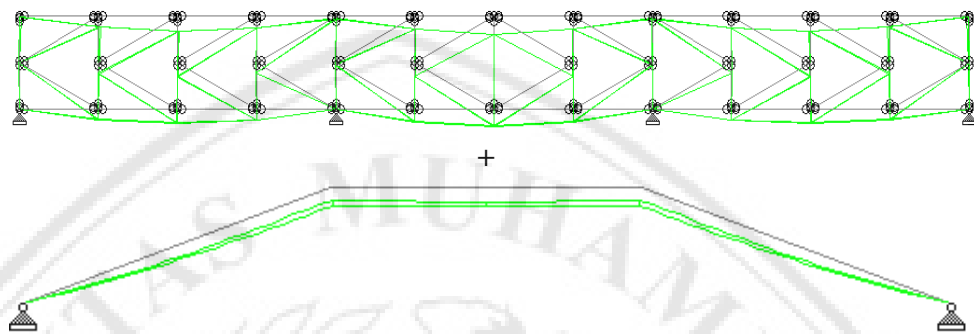
Gambar 3.6, Jembatan dengan sistem rangka + alternatif

Lendutan maksimal, $\delta = 575,1 \text{ mm}$

Dari ketiga model diatas didapat desain yang memungkinkan dipakai adalah desain model 2 dengan lendutan yang paling minim diantara ketiga model lainnya. Namun lendutan yang didapat masih melebihi lendutan ijin yakni, $L/800 = 30 \text{ mm}$.

Maka dari itu desain model 2 dilakukan modifikasi dengan cara memperpendek bentang jembatan yang semula 24 meter dibagi menjadi 3 bentang yaitu 8 – 8 – 8 meter. Dalam perencanaan untuk membagi bentang, digunakan *inclined leg* dari baja *hot rolled*.

D. Model 4



Gambar 3.7, Jembatan dengan sistem rangka + inclined leg

Lendutan maksimal, $\delta = 3,2 \text{ mm}$ (rangka)

Lendutan maksimal, $\delta = 19,2 \text{ mm}$ (inclined leg)

Jembatan model 4 mendapat lendutan sebesar 19,2 mm, dimana lendutan ini lebih kecil daripada lendutan ijin sebesar 30 mm. Jembatan ini menggunakan sistem rangka dengan menambahkan *inclined leg* pada strukturnya yang akan menopang struktur rangka guna membagi bentang jembatan yang selanjutnya disalurkan ke abutment jembatan. Pada tabel berikut disajikan perbandingan lendutan antar model jembatan,

Tabel 3.1, Perbandingan defleksi antar model

Model	Sistem	Defleksi	Defleksi Ijin	Keterangan
Model 1	Busur Rangka	254,6 mm	$L/800 = 30 \text{ mm}$	Tidak Memenuhi
Model 2	Full Rangka	56,4 mm		Tidak Memenuhi
Model 3	Full Rangka Alternatif	575,1 mm		Tidak Memenuhi
Model 4	Rangka + <i>Inclined Leg</i>	19,2 mm		Memenuhi

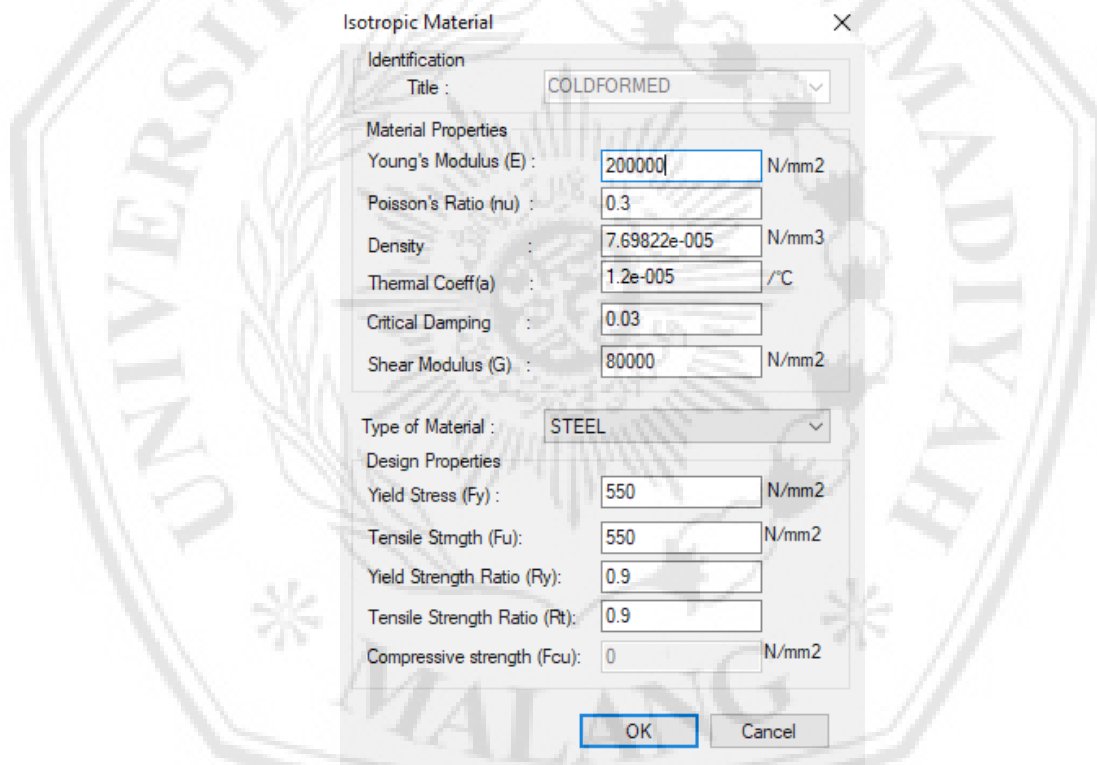
Pada keterangan diatas dapat diketahui bahwa jembatan yang memenuhi lendutan ijin adalah jembatan dengan sistem rangka + *inclined leg*, oleh karena itu jembatan model 4 dengan sistem rangka + *inclined leg* akan digunakan sebagai desain dan akan di analisa pada bab selanjutnya.

3.7 Pemodelan Struktur Jembatan di *Staad Pro v8i*

Perancangan struktur jembatan menggunakan program bantu *staad pro v8i* (*Select Series 6*). Pemodelan struktur ke dalam *staad pro* dibuat sedemikian rupa sehingga mendekati keadaan di lapangan. Berikut ini pembahasan mengenai pemodelan struktur jembatan rangka baja canai dingin pejalan kaki ke dalam *staad pro v8i*.

3.7.1 Elemen Rangka Jembatan

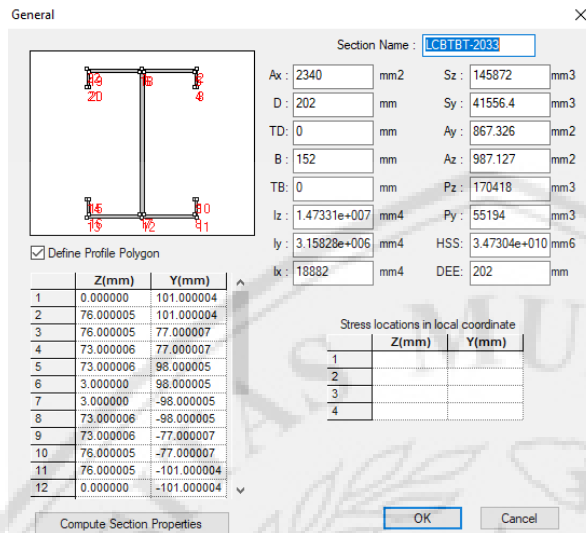
Material rangka utama penyusun jembatan ini adalah baja canai dingin. Pendefinisian material baja canai dingin disajikan dalam gambar 3.9 yang disesuaikan dengan data pada sub bab 3.1 kondisi perancangan.



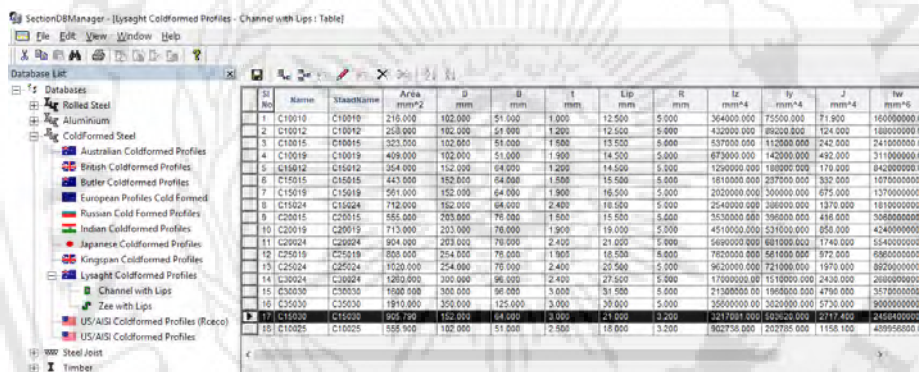
Gambar 3.10, Isotropic material of cold formed steel

Setelah material ditentukan, kemudian dilakukan pemodelan profil dari baja canai dingin. *Section properties* dari *staad pro* untuk *cold formed steel* hanya mendukung profil tunggal, sehingga untuk profil ganda dilakukan penggambaran profil penampang profil secara manual berdasarkan ukuran yang diberikan oleh produsen baja canai dingin, kemudian *staad pro* otomatis akan menghitung *property data*. Begitupun dengan profil tunggal yang digunakan, apabila profil tidak terdapat

dalam *section database* staad pro maka properti profil dimasukkan ke dalam *section database* secara manual yang *profil data*-nya disesuaikan dengan profil yang akan dipakai.

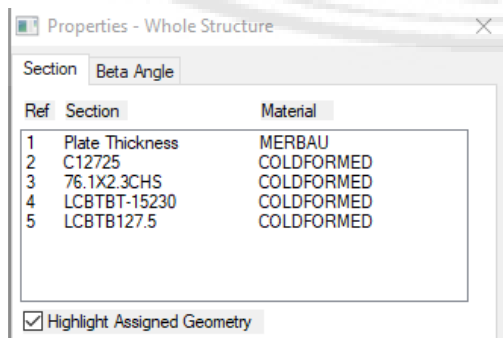


Gambar 3.11, Property data profil ganda CFS



Gambar 3.12, Section manager profil tunggal CFS

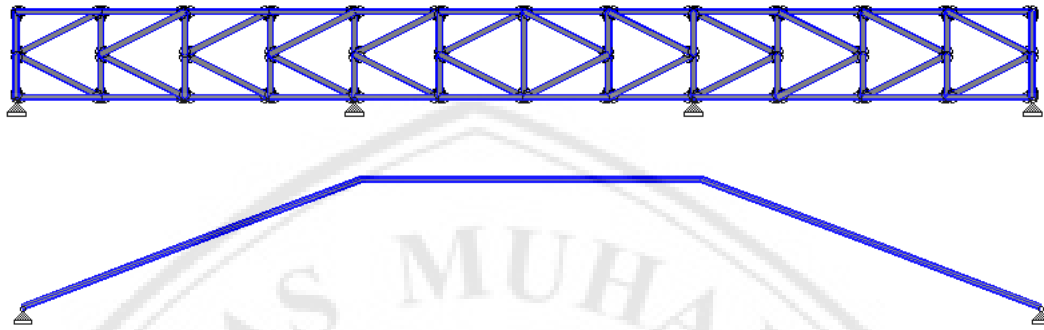
Material penyusun *inclined leg* sendiri merupakan material baja. Profil yang digunakan merupakan profil yang umum digunakan dan telah tersedia dalam *section database* staad pro.



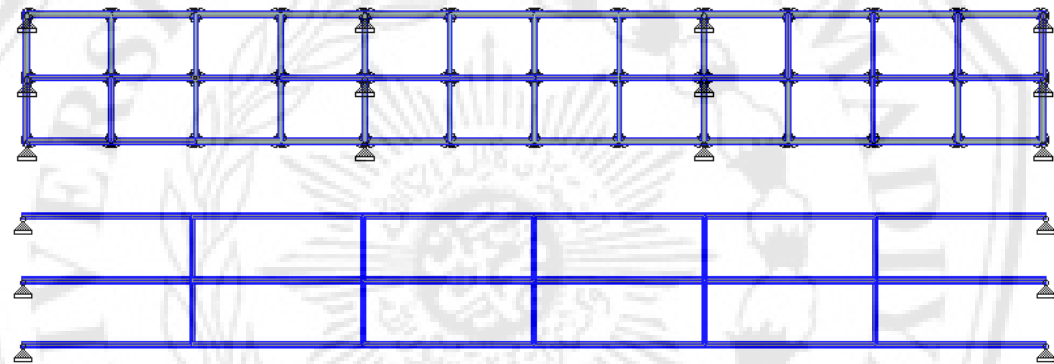
Gambar 3.13, Properties pada staad pro

3.7.2 Model Rangka Jembatan dan *Inclined Leg*

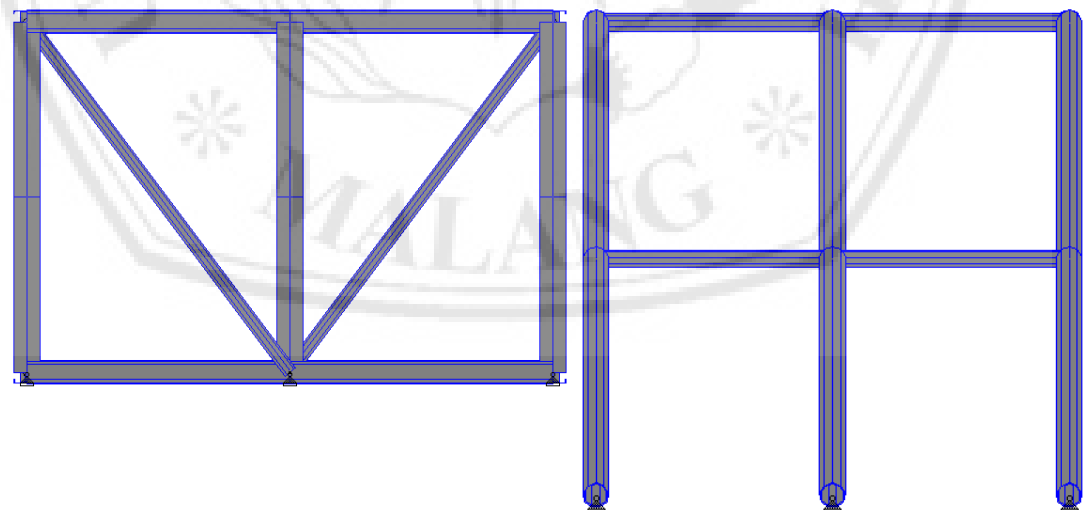
Rangka jembatan dan *inclined leg* dimodelkan secara terpisah ke dalam staad pro, karena berbeda analisisnya. Berikut pemodelan disajikan dalam gambar,



Gambar 3.14, Tampak depan pemodelan rangka jembatan (atas) dan *inclined leg* (bawah)



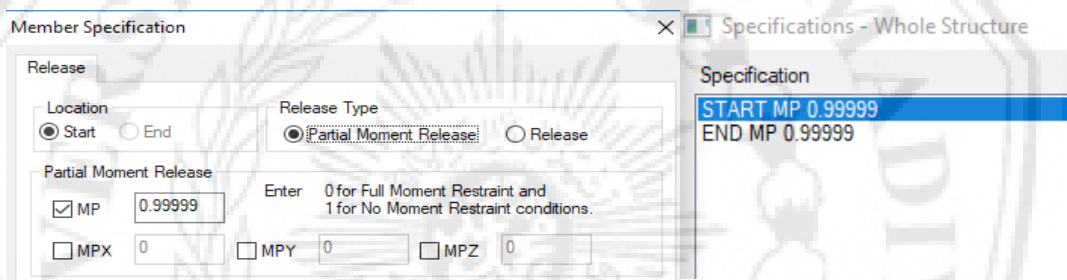
Gambar 3.15, Tampak atas pemodelan rangka jembatan (atas) dan *inclined leg* (bawah)



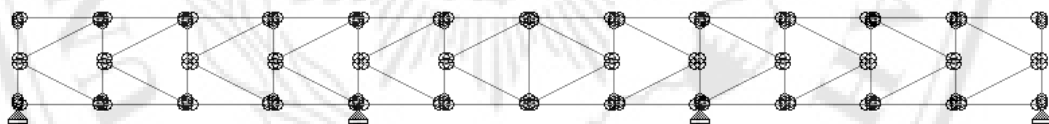
Gambar 3.16, Tampak samping pemodelan rangka jembatan (kiri) dan *inclined leg* (kanan)

3.7.3 Sistem Rangka Jembatan dan *Inclined Leg*

Struktur rangka jembatan perlu didefinisikan ke dalam staad pro agar dalam analisisnya nanti dalam struktur rangka tidak ada nilai momen. Dalam desain struktur jembatan yang digunakan, pendefinisian struktur rangka digunakan pada gelagar induk jembatan sedangkan untuk *inclined leg* akan didefinisikan ke dalam struktur ruang / *space* pada staad pro. Pendefinisian struktur rangka menggunakan cara dengan memberikan *partial moment release (start and end)* sebesar 0,999 pada *beam spesification*, hal ini nantinya yang akan menyebabkan batang pada rangka tidak akan mengalami momen. Digunakan angka 0,999 agar mendekati 1 karena apabila digunakan angka 1, program staad pro akan mengalami *warning zero stiffness*. Batang yang telah didefinisikan dengan *partial moment release* akan menunjukkan bulatan pada *beamnya*



Gambar 3.17, Member spesification pada staad pro



Gambar 3.18, Partial moment release pada struktur rangka (bulatan biru)

3.7.4 Tumpuan (Support)

Tumpuan yang digunakan untuk struktur rangka adalah tumpuan sendi – sendi, begitu juga dengan *inclined leg* menggunakan tumpuan sendi. Pendefinisian tumpuan ini disesuaikan dengan kondisi di lapangan yang susah mengaplikasikannya apabila tumpuan jepit. Pendefinisian tumpuan sendi telah ada pada program staad pro dengan menggunakan *pinned (untuk sendi)* Penggunaan tumpuan dapat terlihat sebagaimana gambar 3.14.